E/CONF.39/A/359
9 Nov.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A. 3. 2. 1

Madagascar

LES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA REPUBLIQUE MALGACHE, PRINCIPALES STATIONS TELEPHERIQUES DE JAUGEAGES

Par M. ALDEGHERI,
Hydrologue,
Maître de Recherches à l'Office de la Recherche
Scientifique et Technique Outre-Mer

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

LES ETUDES HYDROLOGIQUES SUR LE TERRITOIRE DE LA REPUBLIQUE MALGACHE

PRINCIPALES STATIONS TELEPHERIQUES DE JAUGEAGES

par

M. ALDEGHERI, Hydrologue
Maître de Recherches à l'Office
de la Recherche Scientifique et
Technique Outre-Mer

I. LES ETUDES HYDROLOGIQUES sur le TERRITOIRE de la REPUBLIQUE MALGACHE.

Les prémières observations hydrologiques ont été effectuées par la Mission E.D.F. en 1948-49. Elles ont été reprises en 1951 par le Service Hydrologique de l'Institut de Recherches Scientifiques de Madagascar (I.R.S.M.).

Leur but est de déterminer les différentes caractéristiques du régime des rivières, en vue d'apporter les éléments nécessaires à l'établissement de projets d'aménagements hydroélectrique ou hydro-agricole par exemple.

Le Service Hydrologique de Madagascar exploite 54 stations que nous pouvons classer en :

17 stations principales
22 stations secondaires
15 stations de troisième ordre

La répartition des stations sur les différents bassins est la suivante :

Bassin de l'IKOPA-BETSIBOKA	11	stations
" du MANGOKY	8	"
" MANDRARE	7	"
" de la TSIRIBIHINA	2	"
" de l'ONILAHY	2	"
" de la MANANJARY	2	"
" du MANGORO	2	"
" SAMBIRANO	2	"
" de la RIANILA	2	"
Bassins divers (Côte Est, Sud & Nord)	16	"

Chaque station est équipée d'une échelle limnimétrique en métal émaillé montée sur U P N de 80 mm. Ces échelles sont lues trois fois par jour par des observateurs demeurant à proximité. Huit stations ont leur échelle doublée par un limnigraphe.

Les jaugeages sont généralement effectués à l'aide de canots pneumatiques ZODIAC équipés de treuils NEWA, saumon de 25 kg et moulinet OTT. Le câble matérialisant la section est tendu avant chaque mesure.

Pour les grands fleuves : BETSIBOKA, IKOPA et MANGOKY, nous avons installé des stations de jaugeages par téléphérique dont la description détaillée est donnée plus loin.

Les observations sont continues et sérieuses sur une quarantaine de stations.

La caractéristique essentielle de la majorité des fleuves de Madagascar est la mobilité de leur lit. Il est difficile dans ces conditions d'obtenir des étalonnages définitifs.

Actuellement, on peut considérer qu'il existe une vingtaine de stations à fond stable qui sont étalonnées d'une façon définitive ce sont : les stations de l'IKOPA (Antsatrana, Bac de Fiadanana, Bévomanga), la BETSIBOKA à Ambodiroka, la NAMORONA à Vohiparara, l'IVOANANA à Fatihita, l'ANDROMBA à Tsinjony, la SISAONY à Andramasina, etc...

Parmi les stations à fond instable nous avons en particulier, la station du Banian sur le MANGOKY, où plus de 300 jaugeages ont été effectués depuis le début des observations. Nous obtenons chaque année un faisceau de courbes d'étalonnage qui rend l'exploitation particulièrement difficile.

Pour permettre une meilleure connaissance des relations entre les écoulements et les différents facteurs : pluviométrie, nature du sol, pente, végétation etc... nous avons procédé depuis 1954 à des études sur Bassins Versants Expérimentaux. Ces Bassins ont une surface comprise entre 2 et 30 km^2 et sont équipés de pluviomètres Association, de pluviographes destinés à l'étude de la pluie (répartition dans l'espace et dans le temps, intensité, etc...).

A l'exutoire du Bassin se trouve la station de mesure généralement équipée d'un seuil en béton, d'une échelle de crue et d'un limnigraphe à durée de rotation journalière.

Ces observations permettent d'obtenir pour chaque averse les coefficients de ruissellement, les temps de concentration etc... Nous essaierons également, en collaboration avec la section pédologique, d'établir les bilans hydriques des bassins.

Ces mesures sont complétées par l'étude de l'évaporation sur Bac Colorado et Bac Classe A. Nous exploitons actuellement cinq stations d'évaporation.

Les résultats de ces études ont fait l'objet de publications.

De plus, dans l'Annuaire Hydrologique de la Communauté et Pays d'expression française, sont publiés depuis 1950 les caractéristiques hydrologiques d'une quinzaine de stations de la République Malgache.

II. PRINCIPALES STATIONS TELEPHERIQUES DE JAUGEAGES.

Les fleuves de Madagascar connaissent des crues brutales et de courte durée. Les vitesses du courant sont fortent et égalent facilement 4 et 5 m/s (12 and 15 ft/sec), même aux endroits où sont installés les stations de jaugeage.

Les mesures de débit sont, de ce fait, difficiles à réaliser, souvent dangereuses à cause des arbres et débris divers charriés en grande quantité par la rivière.

Nous avons donc été obligés d'adopter pour les grands fleuves BETSIBOKA, IKOPA et MANGOKY, la solution de la station téléphérique de jaugeage. Ces installations coûteuses sont justifiées par l'ampleur des projets ayant pour base ces études. Leur prix de revient est d'environ un million de francs C.F.A.

Nous allons donner la description détaillée de l'une d'elles, celle de la BETSIBOKA à AMBODIROKA.

a/ STATION de la BESTIBOKA à AMBODIROKA

i/ Matériel utilisé

Le câble porteur est en acier fondu de 22 mm (.87 in.) de diamètre. Il est constitué par une âme de 5 mm (.2 in) entourée par 18 brins de 4 mm (0.16 in). Il pèse 1,5 kg au m/linéaire (1 lb per foot). Sa résistance à la rupture est au moins égale à 25 tonnes (25 tons). Les câbles tracteurs ont un diamètre de 6 mm (24 in).

Les manoeuvres de translation et de descente du saumon sont effectuées avec des treuils doubles DONAU OTT, actionnés par une seule manivelle.

Le saumon OTT de 100 kg (220 lbs) est suspendu à un câble électroporteur de 3 mm (.12 in) à un conducteur isolé.

Les mesures de vitesses ont été effectuées avec un moulinet OTT type ARKANSAS et un moulinet DUMAS NEYRPIC magnétique. Les tops sont comptés à l'aide d'un compteur à impulsion OTT type F 6 GARONNE.

ii/ Implantation

La station d'AMBODIROKA est située à environ 800 m ($\frac{1}{2}$ mile) en aval des chutes, soit à 2 km (1.2 mile) du pont de la route TANANARIVE-MAJUNGA.

Deux plate-formes de 10 m x 10 m (33 x 33 ft) ont été creusées dans les berges qui sont très escarpées.

Les massifs d'ancrage ont la forme d'un tronc de pyramide d'un volume de 12 m^3 environ. La face frontale a une surface de 6,5 m^2.

Les fers sur lesquels viennent s'articuler les tendeurs sont noyés dans le béton avec des morceaux de rails pour répartir les efforts.

Le câble de 22 mm (.87 in.) a été passé en étiage sans trop de difficulté. La mise sous tension provisoire a été réalisé à l'aide d'un treuil amarré à un ancrage.

Les tendeurs livrés avec tout le matériel ayant une course de réglage de 1 m (3,5 ft) avec filetage Withworth 1 ¼ - 2 ½, ont permis très facilement de donner au câble sa flèche définitive égale en moyenne à 5,50 m (17 ft) avec une charge de 120 kg (265 lb.).

iii/ Essais

Nous avons effectué des essais avec des saumons dont les poids varient de 10 à 175 kg (22 to 386 lb.). Nous avons réalisé plusieurs séries de mesures dans le courant de la journée avec des températures différentes. Pour chaque série, la température du câble varie très peu et nous avons admis qu'elle est constante.

Les courbes de variation de la flèche sont données sur le graphique n° 1.

La tension du câble est la résultante de la tension due à la charge répartie (poids du câble seul + effort du vent) et de la tension due au poids du chariot et du saumon.

Nous calculerons les tensions en appliquant la formule des câbles tendus :

$$T = \frac{L}{4\,f} \left(P + \frac{Q}{2} \right)$$

dans laquelle P désigne la charge concentrée, Q la charge répartie, f la flèche et L la portée du câble.

Pour déterminer la portée exacte entre appuis, nous avons adopté la méthode suivante : un câble de 3 mm (0.12 in.) a été placé à l'aide d'un petit treuil exactement entre les points de fixation du gros câble. Nous avons mesuré la flèche de ce filin lorsqu'il était tendu au maximum eu égard à sa résistance à la rupture. Nous avons repéré la longueur du câble de façon à lui donner une flèche correspondante à celle du gros câble et noté la longueur déroulée. La même opération a été répétée lorsque le câble de 3 mm (0.12 in.) touchait l'eau.

Les mesures de flèche ont été effectuées en étiage, le saumon hors de l'eau. Il n'était en effet pas possible de réaliser ces opérations en crue.

Le câble tracteur a son point le plus bas à 1 m (3.3 ft) au-dessous du câble porteur. Il se situe, dans le cas le plus défavorable (T 32° P = 175 kg) (386 lbs.), à 2,50 m (7.6 ft) au-dessus du niveau des plus hautes eaux.

Sur la BETSIBOKA, les arbres charriés en crue ne sont jamais très importants et cette garde est suffisante.

Au moment des jaugeages le saumon immergé reçoit une poussée assez forte due au courant et aux herbes qui peuvent s'accrocher au câble.

Dans ce cas, avec un saumon de 175 kg (386 lbs.) et en admettant qu'on puisse effectuer un jaugeage par un vent de 100 km/h (62 mi. per hour) exerçant sur une surface cylindrique une pression de 80 kg/ m^2 environ, le câble sera soumis à une charge répartie égale à 570 kg.

Dans ces conditions, le câble aura une flèche de 6,50 m (19 feet) correspondant à une tension de 7 tonnes (6.9 tons).

b/ STATIONS de l'IKOPA à ANTSATRANA et du MANGOKY au BANIAN

La station de l'IKOPA à ANTSATRANA est tout à fait comparable à celle d'AMBODIROKA. Le même matériel a été utilisé et les ancrages sont du même type. La portée du téléphérique est cependant un peu plus faible : 217 mètres (712 ft) au lieu de 245 mètres (803 ft).

La station téléphérique du MANGOKY au BANIAN a, au contraire, une portée beaucoup plus grande qui atteint 425 mètres (1390 ft), un câble porteur de 16 mm (63 in.) a été utilisé, sa résistance à la rupture est de 15 tonnes (15 tons). Sa flèche atteint 10,50 m (34.4 ft) en utilisant un saumon de 100 kg (220 lbs.). Pour réduire cette flèche on a installé un second câble ancré plus haut sur les berges qui sont assez escarpées. Ce nouveau câble soutient le premier en son milieu et réduit sa flèche d'environ 5 mètres (16.4 ft).

c/ DIFFICULTES RENCONTREES

i/ En cours de montage

La mise en place de ces trois stations s'est effectuée, dans l'ensemble, sans trop de difficulté.

Le passage et la mise sous tension d'un câble de 22 mm (.86 in.) est une opération délicate, bien sûr, mais qui se réalise assez facilement même avec les moyens réduits dont nous disposions.

Deux accidents qui auraient pu être graves sont cependant à signaler :

- Rupture du câble auxiliaire de 10 mm (.4 in.) servant à la mise sous tension provisoire du câble d'AMBODIROKA. Cette rupture s'est produite au moment où nous fixions les serre-câbles avant de procéder à la tension définitive avec les tendeurs. Il n'y a eu que quelques égratignures sans gravité.
- Rupture d'un serre-câble sur le câble tracteur du BANIAN au moment où il était presque sous tension normale. Cette rupture a entraîné la chute du câble dans le fleuve et la récupération a été assez laborieuse.

ii/ En cours d'exploitation

Les stations téléphériques permettent de réaliser les mesures de débit, dans les conditions les plus difficiles, en toute sécurité pour les opérateurs. Cependant, ces mesures sont très longues. Un jaugeage en crue sur la BETSIBOKA et l'IKOPA dure en moyenne 4 heures et 8 heures sur le MANGOKY.

La précision des mesures est liée à la façon dont peut être repérée la position du fond. Il est nécessaire pour arriver à un bon résultat d'équiper les saumons d'un contact de fond solide et sensible.

Un bon contact de fond a, de plus, l'avantage d'éviter l'ensablement du moulinet.

Une autre précaution très utile consiste à fixer le moulinet à 20 cm au moins au-dessus du saumon. Le montage en bout de saumon est à rejeter.

Il est recommandé d'utiliser un moulinet qui n'ait pas tendance à s'ensabler. Le moulinet DUMAS-NEYRPIC magnétique nous a donné les meilleurs résultats à ce point de vue.

Nous avons eu également des ennuis au début de l'exploitation avec un câble électroporteur qui n'était pas parfaitement antigiratoire.

Chaque fois qu'on le peut, il y a intérêt à utiliser le saumon le plus lourd possible, afin de diminuer l'angle fait par le câble électroporteur avec la verticale.

Pendant la mesure, il est nécessaire de surveiller en permanence la surface du plan d'eau et d'observer les corps flottants susceptibles de venir heurter le câble. Il est prudent de ne pas hésiter à relever rapidement le saumon dans le cas où on n'est pas très sûr de la trajectoire des arbres, qui, à 200 m (660 ft) est souvent difficile à déterminer.

Contrairement à ce qu'on pourrait croire, les jaugeages par téléphérique ne sont pas des opérations simples. Elles demandent une attention de tous les instants.

Le principal avantage de ces installations réside dans le fait qu'on peut toujours opérer par n'importe quel temps. C'est souvent très intéressant, surtout sur des rivières à crues très rapides.

181 F - Nov. 1962 - 1,000